

Лекция 11

Гидрокрекинг нефтяного сырья

Содержание лекции

1. *Гидрокрекинг нефтяных фракций.*
2. *Химизм и механизм процесса гидрокрекинга.*
3. *Катализаторы гидрокрекинга.*
4. *Основные факторы процесса.*
5. *Промышленные установки гидрокрекинга*
6. *Легкий гидрокрекинг вакуумного газойля. Основные показатели процесса. Схема процесса.*
7. *Глубокий гидрокрекинг вакуумного газойля. Технологические схемы. Основные показатели процесса.*
8. *Глубокий гидрокрекинг остаточного сырья. Технологические схемы. Основные показатели процесса.*

1. Гидрокрекинг нефтяных фракций.

Гидрокрекинг – процесс крекинга в присутствии водорода, когда деструкции с уменьшением размера молекул подвергается более 10% сырья.

10 – 50% - легкий гидрокрекинг (ЛГК)

50% и более – глубокий гидрокрекинг

2. Химизм и механизм гидрокрекинга.

Основные реакции гидрокрекинга углеводородов нефтяного сырья

| Исходные углеводороды | Реакции | Образующиеся углеводороды |
|-------------------------------|---|---|
| Парафины | Изомеризация, разрыв цепи | Низкокипящие парафиновые изоостроения |
| Нафтены | Изомеризация, гидродеалкилирование | Циклопентаны $C_6 - C_8$ и низкокипящие парафиновые изоостроения |
| Олефины | Изомеризация, разрыв цепи, гидрирование | Низкокипящие парафиновые изоостроения |
| Алкилароматические | Изомеризация, диспропорционирование, гидродеалкилирование, гидрирование | Алкилароматические $C_8 - C_9$, низкокипящие изопарафиновые и нафтеновые |
| Нафтено – ароматические | Раскрытие кольца | Алкилароматические $C_8 - C_9$, низкокипящие изопарафиновые и нафтеновые |
| Полициклические ароматические | Гидрирование | Алкилароматические $C_8 - C_9$, низкокипящие изопарафиновые и нафтеновые |

3. Катализаторы гидрокрекинга нефтяного сырья

Гидрирующая – дегидрирующая
функция

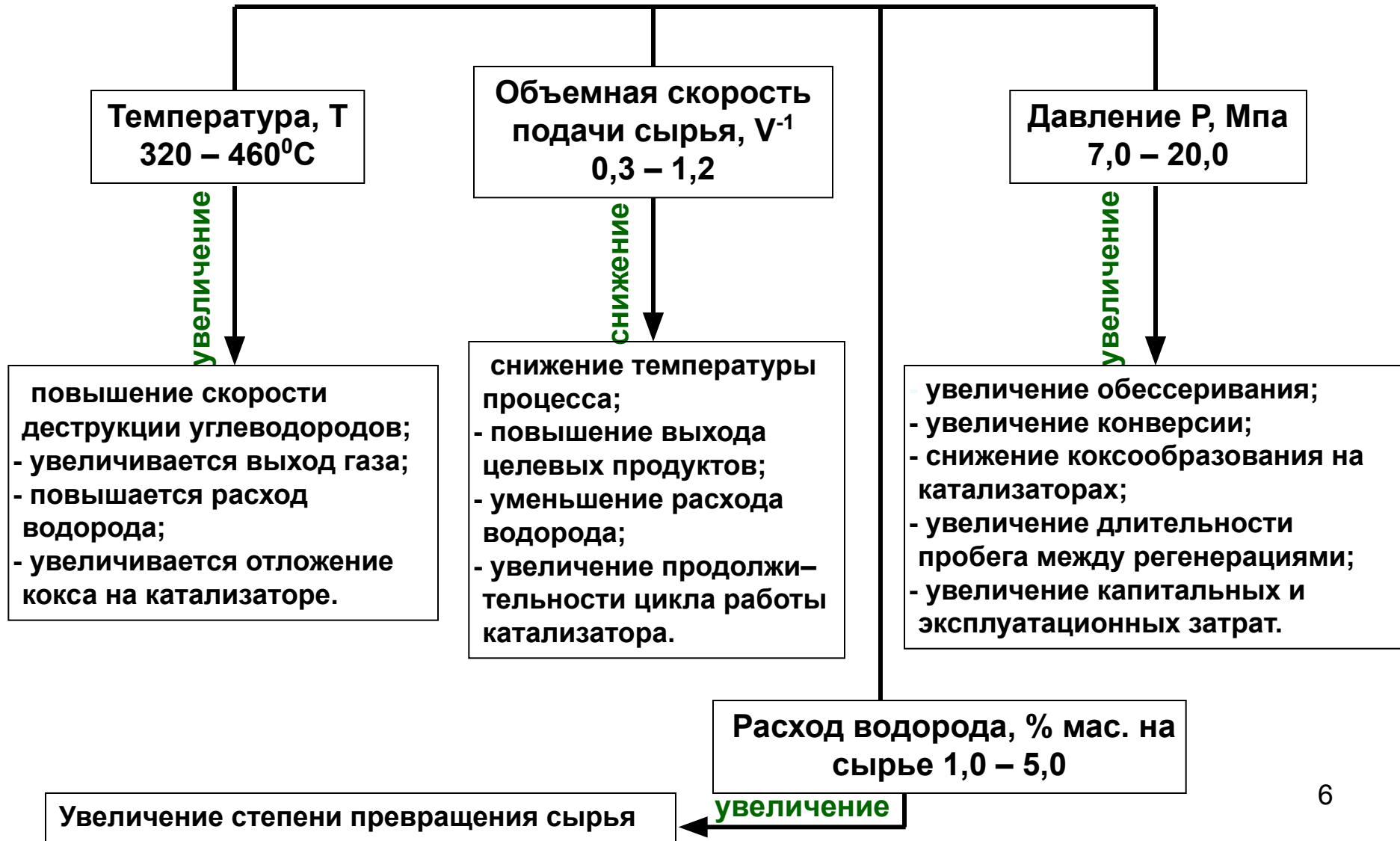
СУЛЬФИДЫ и ОКСИДЫ
(Mo; Ni; Co)
частично: Cr; W; Fe

Кислотная функция.
(крекинг и изомеризация)

Al_2O_3 , цеолиты, алюмосиликаты

Связующая функция.
 Al_2O_3 , алюмосиликаты; оксиды
кремния, титана, циркония;
цирконий и магний силикаты

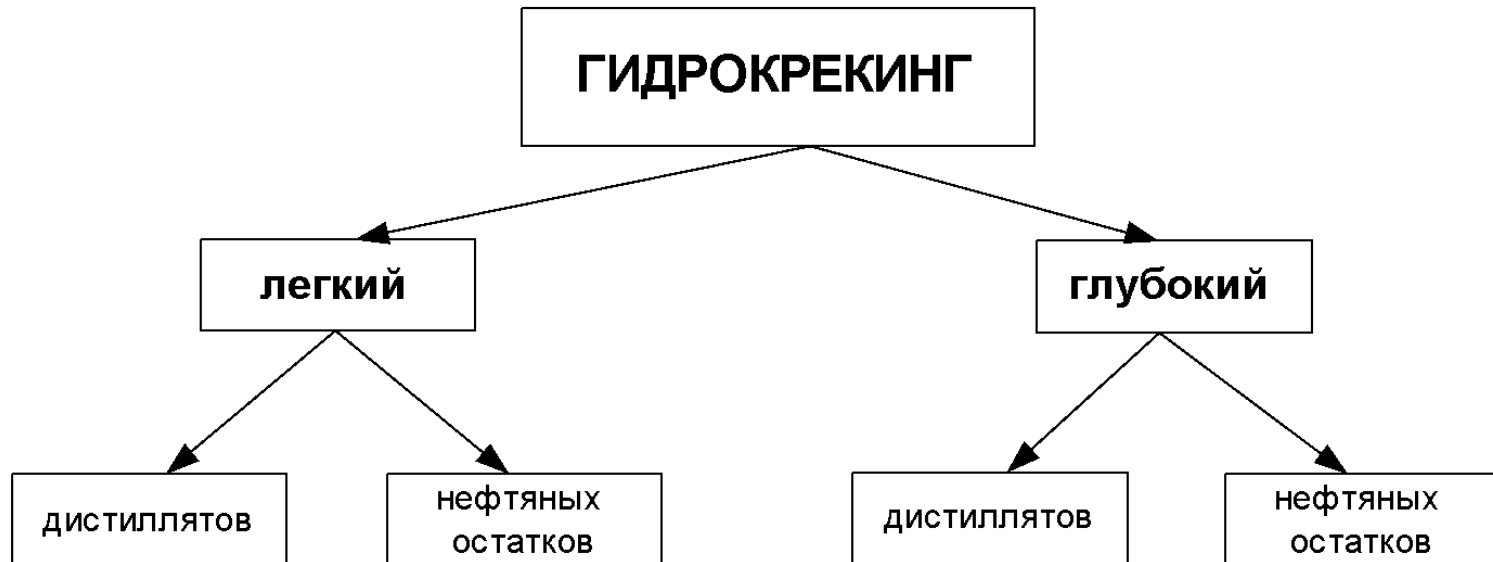
4. Основные факторы процесса гидрокрекинга



Сырье процесса гидрокрекинга вакуумного газойля

- 1. Все нефтяные дистилляты**
- 2. Все дистилляты вторичного происхождения**
- 3. Ароматизированное сырье с большим трудом подвергается гидрокрекингу.**
- 4. Содержание азота в ароматизированном сырье играет существенную роль при гидрокрекинге (не более 0,12%)**
- 5. В сырье не должно быть высокомолекулярных конденсированных соединений и асфальтенов (не более 0,05% масс.)**
- 6. Из сырья должны быть удалены тяжелые металлы (не более 2 г/т)**

5. Промышленные установки гидрокрекинга

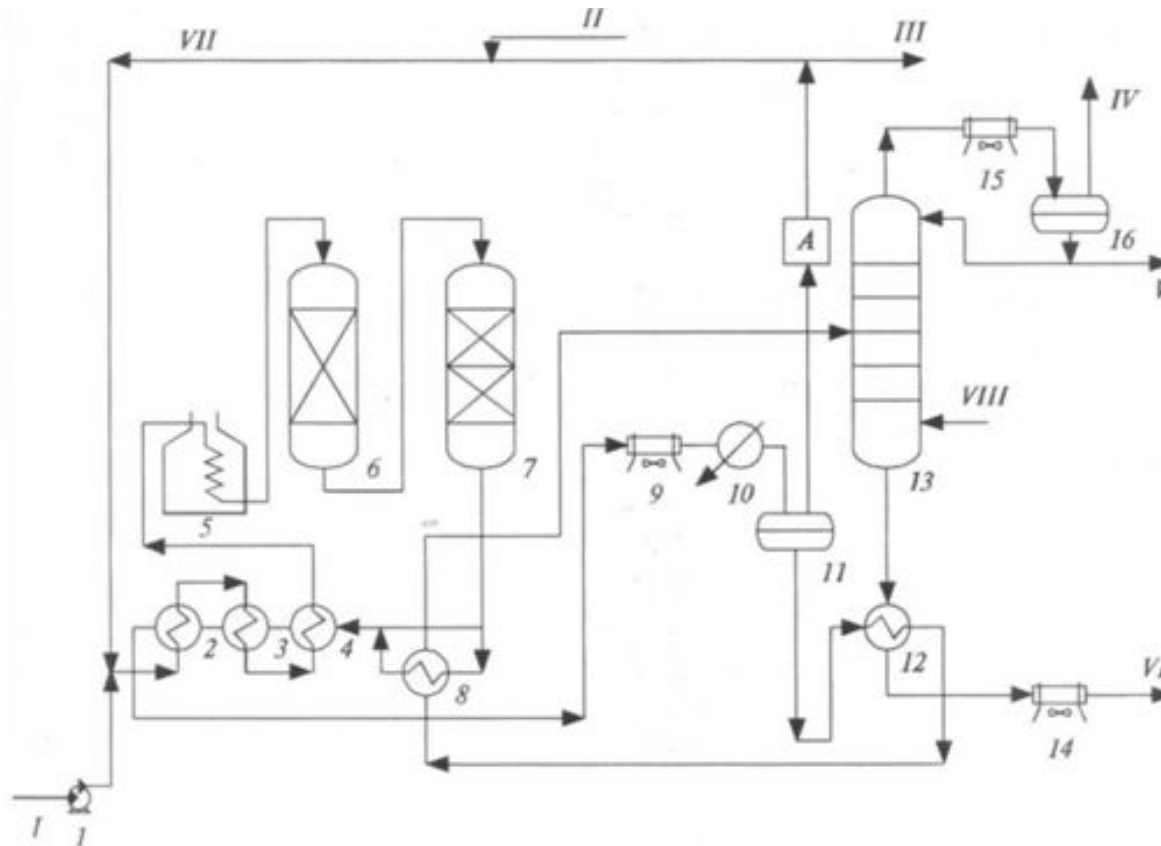


6. Легкий гидрокрекинг вакуумного газойля

Технологические параметры процесса легкого гидрокрекинга

| Показатель | |
|---|---------|
| Давление общее, МПа | 6 – 10 |
| Температура на входе: начало/конец цикла, °С | |
| P – 901 | 360/390 |
| P – 902 | 360/390 |
| P – 903 | 380/420 |
| Температура на выходе: начало/конец цикла, °С | |
| P – 901 | 385/415 |
| P – 902 | 385/415 |
| P – 903 | 405/445 |
| Перепад температуры по реакторам, °С | |
| P – 901 | 15 – 25 |
| P – 902 | 15 – 25 |
| P – 903 | 15 – 25 |
| Общая объемная скорость подачи сырья, ч ⁻¹ | 0,61 |
| Расход циркулирующего ВСГ, м ³ /ч | 44000 |
| Концентрация водорода в ВСГ, % об. | 80 |

Технологическая схема гидродепарафинизации дизельных фракций



1 – насос; 2–4, 8, 12 – теплообменники; 5 – печь; 6 – реактор гидродепарафинизации; 7– реактор гидроочистки; 9, 14, 15 – аппараты воздушного охлаждения; 10– холодильник; 11, 16 – сепараторы; 13 – стабилизационная колонна;

I– сырье (дизельная фракция 180–350 °С); II – свежий водородсодержащий газ (ВСГ); III – отдув газа; IV– газ на очистку; V – бензин; VI– стабильное дизельное топливо; VII – циркулирующий ВСГ; VIII – водяной пар; А – блок очистки ВСГ

Материальный баланс гидродепарафанизации дизельной фракции

Выход продуктов процесса с получением дизельного топлива с температурой застывания минус 45 °С, % мас.:

Взято:

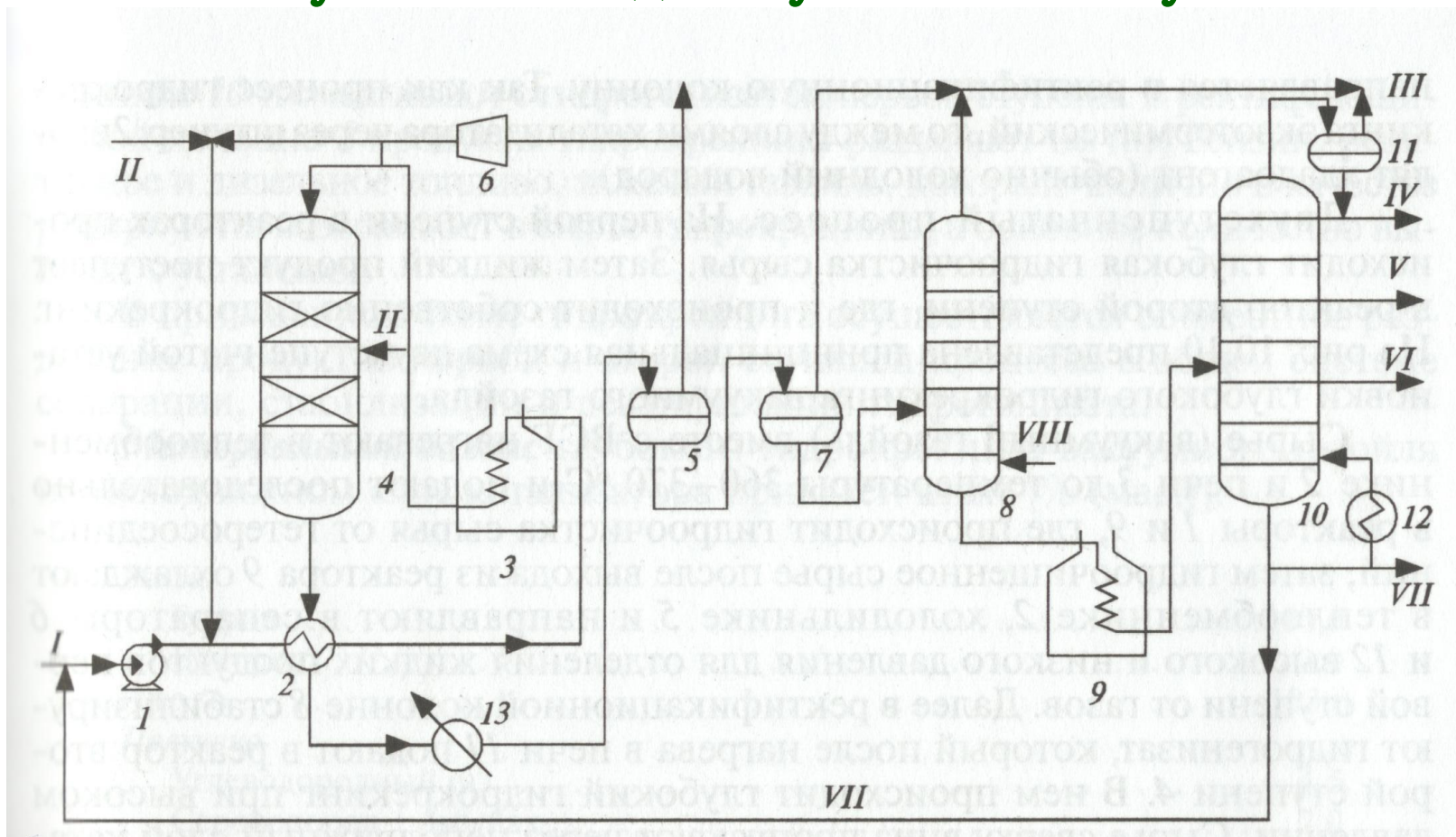
| | |
|-------|-------|
| Сырье | 100,0 |
| Итого | 100,0 |

Получено:

| | |
|---------------------|-------|
| • Газ | 9,1 |
| • Бензин | 11,2 |
| • Дизельное топливо | 79,3 |
| • Потери | 0,4 |
| Итого: | 100,0 |

7. Глубокий гидрокрекинг вакуумного газойля

Схема установки одноступенчатого глубокого



1 – сырьевой насос; 2 – теплообменник; 3, 9 – печи; 4 – реактор;

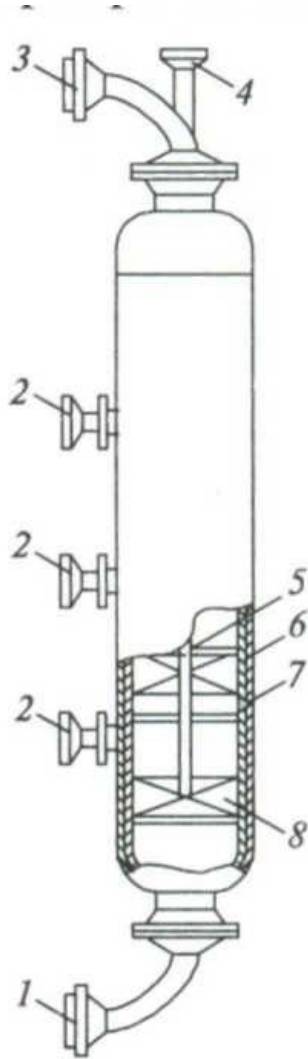
5, 7 – сепараторы высокого и низкого давления соответственно; 6 – компрессор;

8 – колонна стабилизации; 10 – дистилляционная колонна;

I – Сырье; II – Водород; III – Газ; IV – Бензин; V – Реактивное топливо; VI – Дизельное топливо;

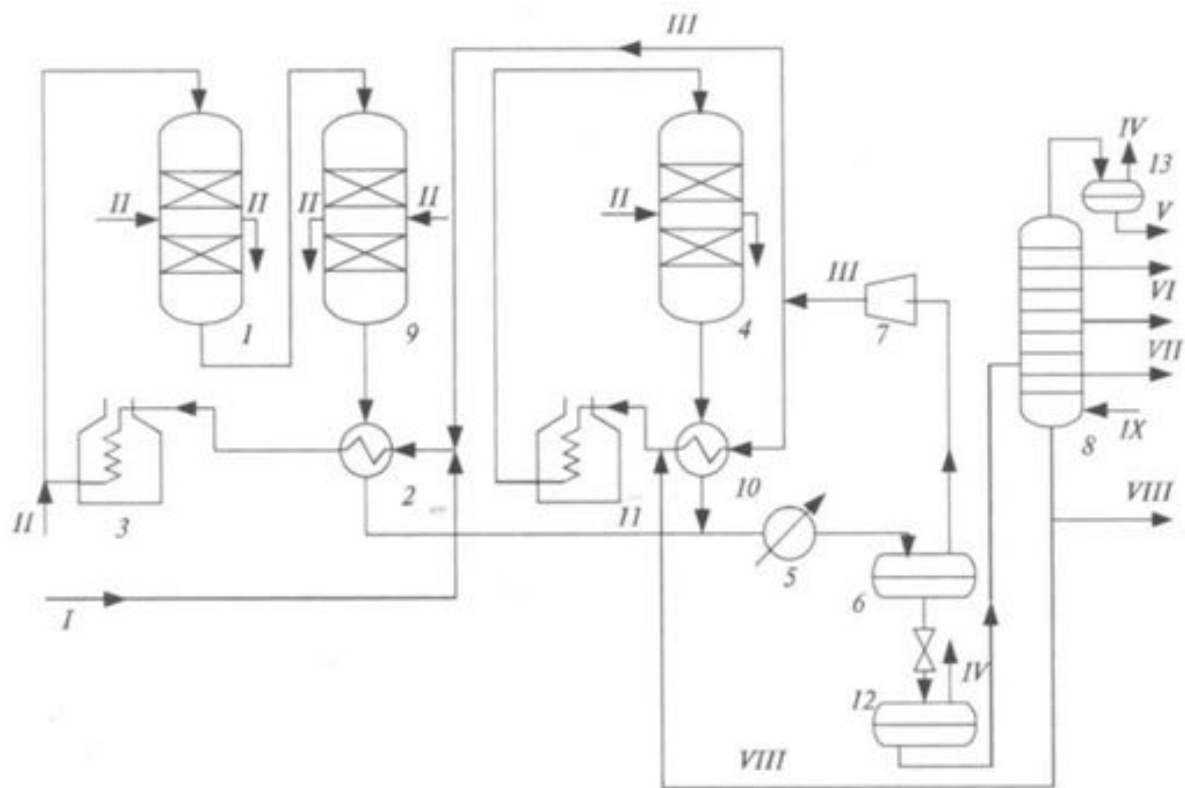
VII – остаток; VIII – водяной пар.

Реактор гидрокрекинга



штуцеры: 1 – выхода продуктов реакции;
3 – входа сырья в реактор;
2 – вход холодного водорода между слоями катализатора;
4 – термомпара; 5 – полка для слоя катализатора;
6 – корпус реактора; 7 – футеровка реактора;
8 – слой катализатора

Схема установки двухступенчатого процесса глубокого гидрокрекинга вакуумного газойля



1,9 – реакторы первой ступени; 2, 10 – теплообменники; 3, 11 – трубчатые печи;
4 – реактор второй ступени; 5– холодильник; 6, 12 – сепараторы высокого и низкого давления;
7 – циркуляционный компрессор; 8 – ректификационная колонна; 13 – емкость;
I – сырье; II – водород; III – рециркулирующий водородсодержащий газ; IV– газ; V– бензин;
VI – реактивное топливо, VII – дизельное топливо; VIII – гидроочищенный тяжелый газойль;
IX – водяной пар

Основные показатели глубокого гидрокрекинга вакуумного газойля

P , МПа – 10 – 17 МПа

T , °С – 340 – 440 °С

Объемная скорость подачи сырья, ч⁻¹ – 0,3 – 1,0 ч⁻¹

Кратность циркуляции водородсодержащего газа м³/м³ – 1000 – 2000 м³/м³

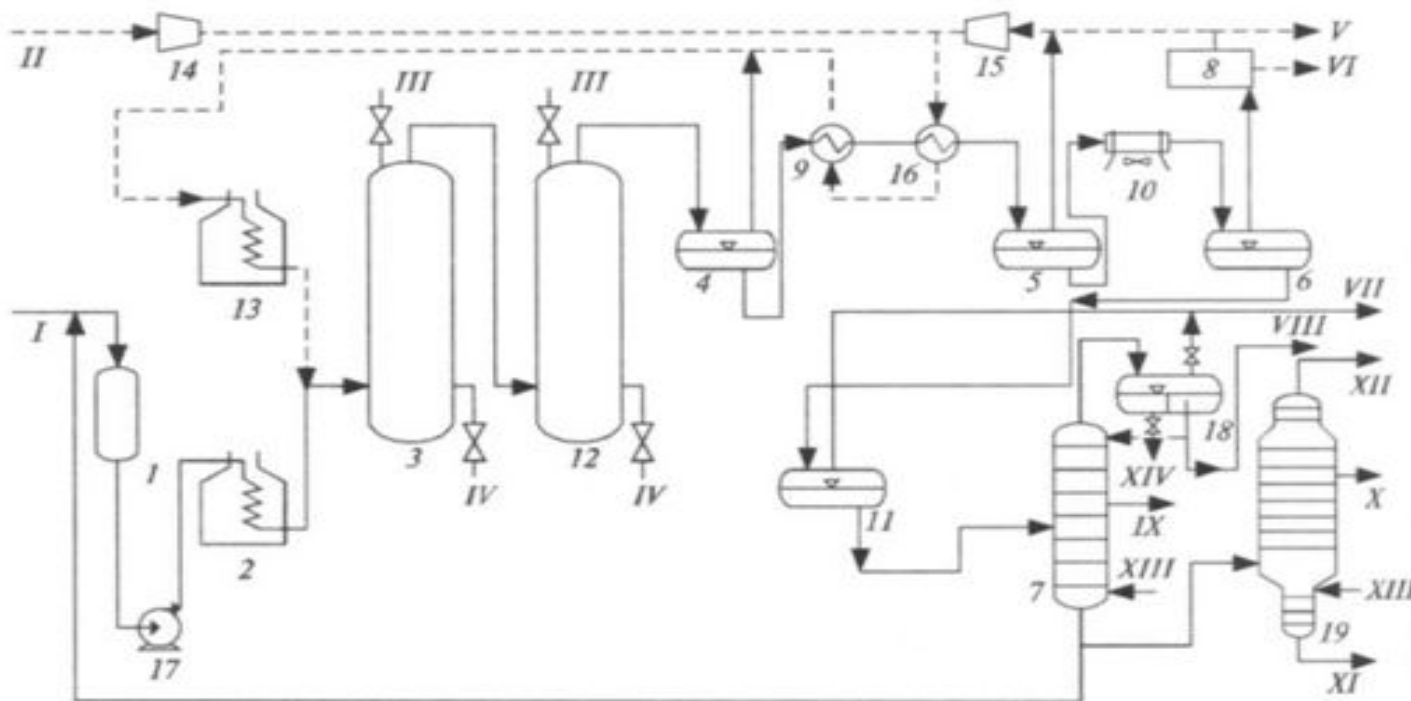
Материальный баланс глубокого гидрокрекинга вакуумного газойля

| Показатели | Целевой продукт процесса | | |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Бензин | Реактивное топливо | Дизельное топливо |
| Взято, % (мас.): | | | |
| сырье | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| водород | 3,1 | 2,5 | 1,7 |
| Итого | 103,1 | 102,5 | 101,7 |
| Получено, % (мас.): | | | |
| углеводородные газы | 2,8 | 1,8 | 1,8 |
| сероводород+аммиак | 84,7 | 15,2 | 23,4 |
| бензиновая фракция | - | 78,5 (фр.135 – 270°C) | 69,0 (фр. 160 – 330°C) |
| целевая фракция | 103,1 | 102,5 | 101,7 |
| Итого | | | |

Выход продуктов глубокого гидрокрекинга гудрона в стационарном слое катализатора

| Продукты | % мас. |
|---------------------------------|--------|
| сероводород | 3,5 |
| газ до C ₄ | 1,8 |
| C ₅ – C ₆ | 0,9 |
| C ₇ – 180 °C | 4,2 |
| 180 – 343 | 6,5 |
| 343 – 566 | 34,5 |
| Остаток > 566 °C | 53,0 |
| <u>Всего:</u> | 101,34 |

Принципиальная технологическая схема гидропереработки остаточного сырья в трехфазном «кипящем» слое катализатора



1, 18 – емкости; 2, 13 – печи; 3, 12 – реакторы; 4–6, 11 – сепараторы; 7– фракционирующая колонна; 8– узел очистки от сероводорода; 9, 16– теплообменники; 10– холодильник; 14, 15 – компрессоры; 17– насос; 19– вакуумная колонна;

I – сырье; II – водород; III – свежий катализатор; IV – отработанный катализатор; V – водородсодержащий газ; VI – сероводород; VII – углеводородный газ; VIII – бензин; IX– дизельная фракция; X – тяжелый газойль; XI – остаток; XII – вакуумный отгон; XIII – водяной пар; XIV – конденсат

Основные показатели глубокого гидрокрекинга гудрона в трехфазном слое

| | |
|---|-------------|
| Сырье: | |
| плотность, кг/м ³ | 1033 |
| содержание серы, % мас. | 4,2 |
| содержание ванадия, г/т | 330 |
| содержание никеля, г/т | 50 |
| Выход продуктов, % мас.: | |
| газ до C ₄ | 1,7 |
| C ₅ – 204 °C | 12,7 |
| фр. 204 – 343 °C | 16,8 |
| фр. 343 – 524 °C | 39,1 |
| остаток (>524 °C) | 36,7 |
| плотность, кг/м ³ | 920 |
| содержание серы, % мас. | 0,6 |
| Расход водорода, м³/м³ сырья | 223 |

Вопросы к зачету

1. Краткие сведения о происхождении, добыче и транспортировке нефти
2. Из истории развития добычи и переработки нефти
3. Основные задачи современной нефтепереработки
4. Состав и характеристика попутных газов
5. Классификация газоконденсатов
6. Состав и классификация нефтей
7. Физико-химические свойства нефти и нефтепродуктов
8. Классификация нефтепродуктов
9. Классификация топлив .
10. Основные свойства товарных автомобильных и авиационных бензинов.
11. Присадки и добавки к бензинам.
12. Основные показатели качества котельных топлив
13. Битумы и технический углерод, коксы
14. Смазочные материалы
15. Стабилизация нефти
16. Требования к нефти, поступающей на переработку. Обезвоживание и обессоливание нефти.
17. Классификация процессов первичной переработки нефти
18. Ректификация. Схемы простой ректификационной колонны
19. Атмосферная перегонка нефти (однократное и двукратное испарение)
20. Вакуумная перегонка нефти (однократное и двукратное испарение)
21. Вторичная перегонка бензина
22. Продукты первичной перегонки
23. Классификация ректификационных колонн, основные технологические узлы колонн
24. Трубчатые печи. Теплообменники. Насосы .Компрессор
25. Экологическая безопасность процессов первичной переработки нефти.

26. Современное состояние физико-химических (вторичных) процессов нефтепереработки в мире и в России
27. Классификация физико-химических процессов переработки углеводородного сырья.
28. Висбрекинг. Технологические схемы. Материальный баланс.
29. Коксование. Классификация.
30. Замедленное коксование. Основные показатели. Прокалка кокса.
31. Непрерывное коксование. Технологические схемы. Основные показатели процесса. Материальный баланс.
32. Пиролиз. Технологическая схема. Основные показатели процесса. Материальный баланс.
33. Производство битумов. Технологическая схема. Материальный баланс.
34. Термокаталитические процессы. Классификация.
35. Катализаторы. Свойства катализаторов.
36. Химизм процесса каталитического крекинга. Тепловые эффекты. Сырье.
37. Основные факторы процесса каталитического крекинга.
38. Принципиальные схемы процесса каталитического крекинга. Установка с лифт-реактором. Продукты каталитического крекинга.
39. Назначение процесса каталитического риформинга. Химизм и катализаторы процесса. Основные факторы процесса.
40. Классификация установок риформинга. Схемы установок. Материальный баланс.
41. Назначение, химизм и основные факторы процесса изомеризации.
42. Классификация промышленных установок изомеризации.
43. Низкотемпературная изомеризация. Схема процесса. Основные показатели. Материальный баланс.
44. Термогидрокаталитические процессы. Классификация.
45. Гидроочистка нефтяных фракций. Химизм процесса. Катализаторы гидроочистки нефтяного сырья. Основные факторы процесса.
46. Гидроочистка дизельных фракций. Схема установки. Основные показатели. Материальный баланс.
47. Гидроочистка вакуумного газойля. Схема процесса. Основные показатели. Материальный баланс.
48. Гидрирование дистиллятов вторичного происхождения.
49. Гидрокрекинг нефтяных фракций.
50. Химизм, механизм и катализаторы гидрокрекинга. Основные факторы процесса.

51. Химизм, механизм и катализаторы гидрокрекинга. Основные факторы процесса.
52. Промышленные установки гидрокрекинга. Основные схемы процесса.
53. Глубокий гидрокрекинг вакуумного газойля. Технологические схемы. Основные показатели процесса.
54. Глубокий гидрокрекинг остаточного сырья. Технологические схемы. Основные показатели процесса.
55. Нефтезаводские газы. Классификация.
56. Разделение нефтезаводских газов.
57. АГФУ, ГФУ. Материальный баланс установок газодифракционирования;
58. Алкилирование. Основные факторы процесса;
59. Сернокислотное алкилирование. Схемы процесса. Материальный баланс.
60. Фтористоводородное алкилирование. Схемы процесса.
61. Оксигенаты. МТБЭ. Основные показатели.
62. Производство серы. Основные показатели.
63. Производство водорода. Основные показатели.
64. Классификация поточных схем